

С.М. Жучков, А.П. Лохматов, П.В. Токмаков,
А.И. Лещенко, Д.С. Черненко

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ НЕПРЕРЫВНОЙ ПРОКАТКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕПРИВОДНОЙ РАБОЧЕЙ КЛЕТИ В ЧЕРНОВОЙ ГРУППЕ МЕЛКОСОТНО-ПРОВОЛОЧНОГО СТАНА

Сообщение 2

Анализ условий реализации новой технологии

Выполнен анализ условий реализации процесса прокатки с использованием неприводных клеток процесса с учетом ограничивающих его факторов по устойчивости раската продольному изгибу и резерву втягивающих сил трения в очагах деформации приводных клеток. Разработана номограмма для определения деформирующей способности неприводной клетки.

В предыдущем сообщении отмечалось, что для разработки параметров прокатки с использованием неприводной рабочей клетки, установленной в межклетевом промежутке рабочих клеток №6 и №7 использовалась математическая модель, разработанная в ИЧМ, реализованная в виде компьютерной программы и адаптированная к условиям сортовой линии мелко-сортно-проволочного стана 250/150–6 [1].

Расчёты **, показывая, что в случае разгрузки рабочей клетки №6 при соблюдении условия постоянства суммарного коэффициента вытяжки в комплексе клеток «№6–НК» ($\mu_6 \cdot \mu_{НК} = \text{const} = \mu_6$) процесс прокатки может осуществляться, при переносе в неприводную рабочую клетку до 55% деформации из рабочей клетки №6

$$\left(\frac{\mu_{НК} - 1}{\mu_{2(№6-НК)} - 1} \approx 0,55 \right), \text{ (см. рис.1а).}$$

Факторами, ограничивающими дальнейшее увеличение доли деформации, переносимой из клетки №6 в неприводную клетку, практически в одинаковой степени являются исчерпание резерва сил трения в очаге деформации рабочей клетки №6

$$\left(\frac{\sigma_{III}}{\sigma_{РЕЗ}} = 1,0 \right)$$

и потеря продольной устойчивости раскатом в промежутке между клетью №6 и неприводной рабочей клетью

$$\left(\frac{\sigma_{III}}{\sigma_{КР}} = 1,0 \right).$$

Мощность прокатки в клетки №6 при таком уровне загрузки неприводной клетки снижается на 45%, а в клетки №7 возрастает на 17% против базовой, т.е. против мощности прокатки при работе без неприводной клетки и настройке клеток №6 и №7 в соответствии с таблицей калибровки.

В случае дополнительной загрузки неприводной клетки при сохранении базовых параметров настройки клеток №6 и №7, процесс прокатки

осуществим до достижения величины деформации в неприводной клетке уровня 32% от суммарной деформации в комплексе клеток «№6–НК» (рис.16).

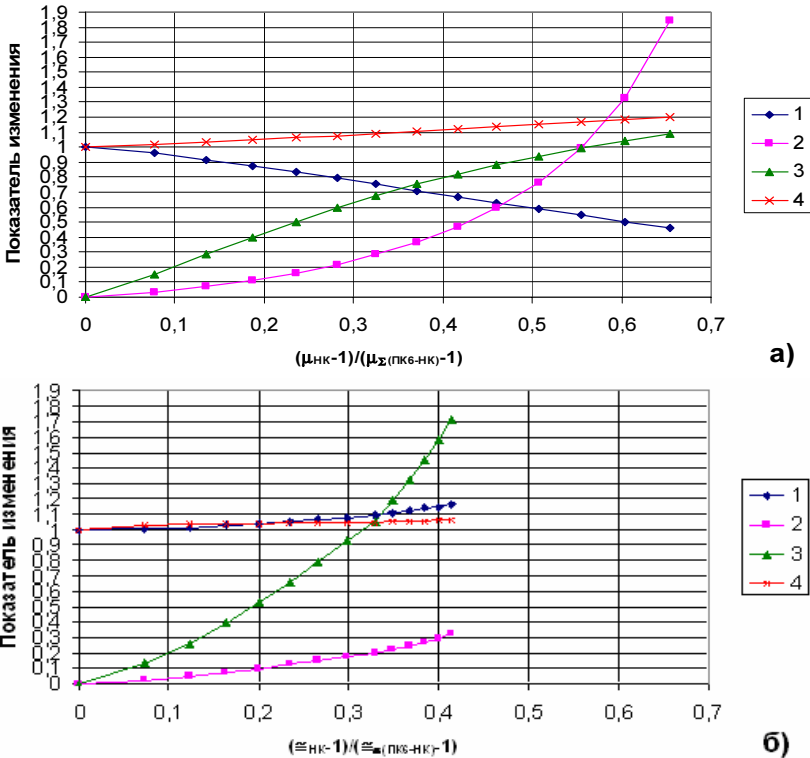


Рис.1. Изменение загрузки рабочих клеток №6 и №7 по мощности прокатки при использовании неприводной рабочей клетки установленной в их межклетевом промежутке: а) при сохранении общей вытяжки в комплексе клеток «№6–НК» с переносом части деформации из клетки №6 в НК при сохранении высоты раската, выходящего из клетки №7; б) при увеличении вытяжки в комплексе клеток «№6–НК» за счёт дополнительной деформации в неприводной клетке, сохранения неизменными коэффициента вытяжки в клетки №6 и высоты раската выходящего из клетки №7; 1– показатель изменения мощности прокатки в клетки №6 (N_6/N_6); 2– показатель изменения использования резерва сил трения в очаге деформации клетки №6 ($\sigma_{ПП}/\sigma_{РЕЗ}$); 3– показатель изменения устойчивости раската перед неприводной клетью ($\sigma_{ПП}/\sigma_{КР}$); 4– показатель изменения мощности прокатки в клетки №7 (N_7/N_7)

Ограничивающим фактором в данном случае выступает потеря продольной устойчивости раскатом в промежутке между клетью №6 и неприводной рабочей клетью. Мощность прокатки в обеих приводных клетях при предельной нагрузке неприводной клетки возрастает незначительно – на 8% в клетки №6 и на 5% в клетки №7.

На рис.2 приведены результаты моделирования по определению изменения суммарной мощности прокатки и суммарного коэффициента вытяжки в комплексе рабочих клеток «№6–НК–№7» в зависимости от величины загрузки неприводной клетки.

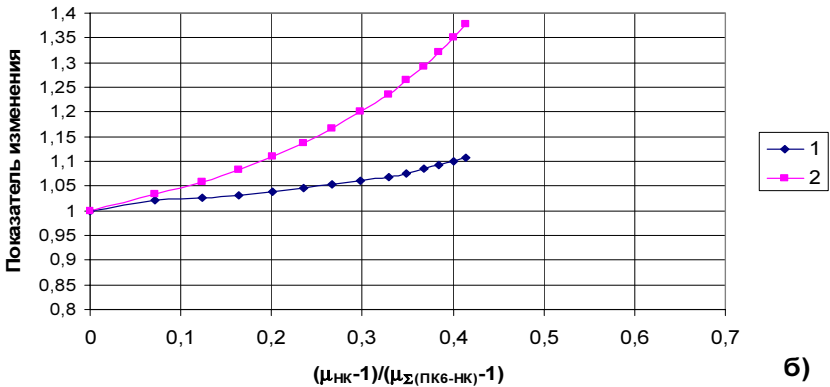
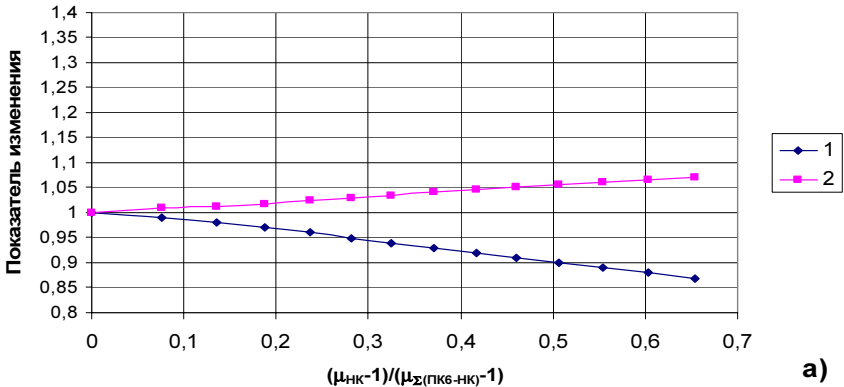


Рис.2. Изменение суммарной мощности прокатки и суммарного коэффициента вытяжки в комплексе клеток «№6–НК–№7» в зависимости от величины загрузки неприводной клетки:

- а) при сохранении общей вытяжки в комплексе клеток «№6 – НК» с переносом части вытяжки из клетки №6 в НК;
 б) при увеличении вытяжки в комплексе клеток «№6 – НК» за счёт дополнительной деформации в неприводной клетке;

1– показатель изменения суммарной мощности прокатки в клетях №6 и №7 $(N_{i6}+N_{i7})/(N_{Б6}+N_{Б7})$;

2– изменение суммарного коэффициента вытяжки в клетях «№6 – НК – №7»

$$(\mu_{i6} * \mu_{НК} * \mu_{i7}) / (\mu_{Б6} * \mu_{Б7}).$$

Для предельных уровней загрузки неприводной клетки они изменяются следующим образом:

- при загрузке неприводной клетки за счёт разгрузки клетки №6 (рис.2а) суммарная мощность прокатки, подаваемая в очаги деформации клеток №6 и №7 (N_6+N_7), снижается против базовой на 11% при увеличении суммарного коэффициента вытяжки ($\mu_6^* \mu_{НК}^* \mu_7$) более чем в 1,06 раза;

- при дополнительной загрузке неприводной клетки с сохранением настройки клеток №6 и №7 на базовых параметрах (рис.2б), суммарная мощность прокатки, подаваемая в очаги деформации клеток №6 и №7, увеличивается на 6,3% при увеличении суммарного коэффициента вытяжки более чем в 1,24 раза.

Так как моделирование проводилось при условии сохранения базовой настройки клетки №7, то дополнительная вытяжка в комплексе клеток «№6–НК–№7» приводит к уменьшению степени заполнения калибра в ней. В реальных условиях последнее может привести к необходимости корректировки калибровки клетки №7 и ряда последующих клеток.

Из изложенного следует, что режим использования неприводной рабочей клетки, установленной в межклетевом промежутке рабочих клеток №6 и №7 черновой группы мелкосортно–проволочного стана 250/150–6, зависит от характера решаемой задачи.

При необходимости только снижения энергопотребления больше подходит вариант с разгрузкой клетки №6. В этом случае при снижении энергопотребления в комплексе клеток «№6–НК–№7» до 11% не требуется корректировка калибровки валков.

При необходимости увеличения вытяжной способности черновой группы стана ($\mu_{дополн.}$ – до 1,24) более эффективным является вариант с дополнительной загрузкой неприводной клетки при сохранении базовых параметров настройки клетки №6 с корректировкой калибровки клетки №7 и некоторых последующих клеток.

Для выбора режима загрузки неприводной рабочей клетки в пределах осуществимости процесса прокатки на рис.3 представлены номограммы, позволяющие определять величины обжатия в НК и оценивать ожидаемые при этом изменения мощности прокатки в клетях №6 и №7, суммарного коэффициента вытяжки в комплексе клеток «№6–НК–№7», а также показателей использования резерва сил трения в очаге деформации клетки №6 и запаса продольной устойчивости раската перед неприводной клетью. Поля возможных параметров прокатки при использовании неприводной клетки по обоим вариантам на номограммах располагаются слева от разграничительных линий А.

При выборе обжатий в неприводной клетки для осуществления процесса прокатки в реальных условиях следует воздерживаться от использования их предельных значений, оставляя резерв по ограничивающему осуществимость процесса фактору не менее 20%, так как колебания температуры прокатываемого металла, геометрических параметров раската, по-

ступающего в клетку №6, условий трения на контактных поверхностях в очагах деформации клеток №6 и неприводной клетки и др., могут привести к преждевременному прекращению процесса прокатки в комплексе клеток «№6–НК».

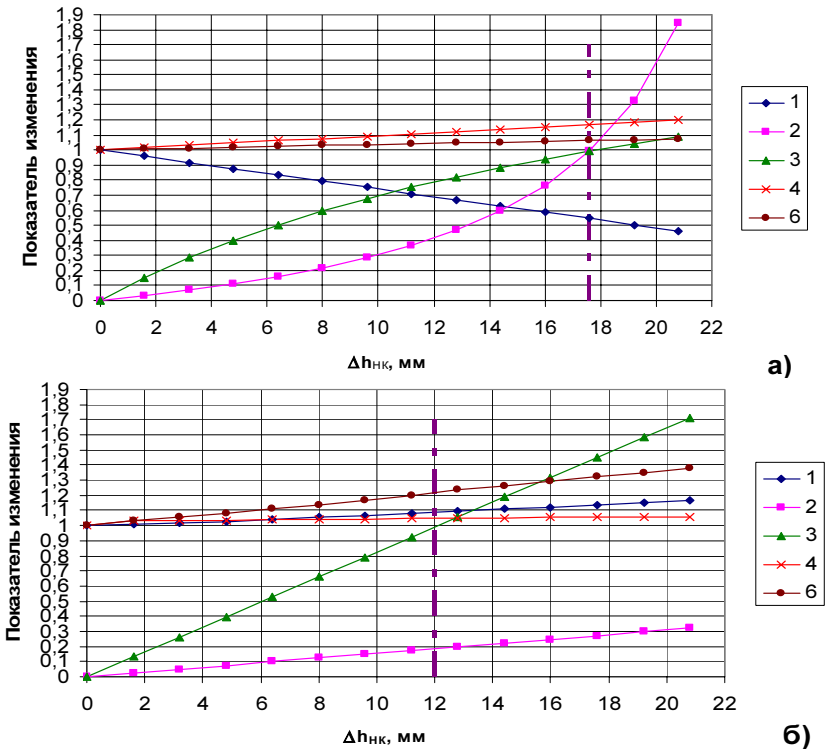


Рис.3. Номограммы для определения величины обжатия в неприводной рабочей клетке, установленной в межклетевом промежутке клеток №6 и №7 МПС 250/150–6, в пределах диапазона осуществимости процесса прокатки в ней: а) при сохранении общей вытяжки в комплексе клеток «№6–НК» с переносом части деформации из клетки №6 в НК при сохранении высоты раската, выходящего из клетки №7; б) при увеличении вытяжки в комплексе клеток «№6–НК» за счёт дополнительной деформации в неприводной клетке, сохранения неизменными коэффициента вытяжки в клетке №6 и высоты раската выходящего из клетки №7; 1.– показатель изменения мощности прокатки в клетке №6 (N_{i6}/N_{B6}); 2.– показатель изменения резерва сил трения в очаге деформации клетки №6 ($\sigma_{ПП}/\sigma_{РЕЗ}$); 3.– показатель изменения устойчивости раската перед неприводной клетью ($\sigma_{ПП}/\sigma_{КР}$); 4.– показатель изменения мощности прокатки в клетке №7 (N_{76}/N_{B7}); 5.– показатель изменения суммарного коэффициента вытяжки в комплексе клеток «№6–НК–№7» ($(\mu_{i6} * \mu_{НК} * \mu_{i7}) / (\mu_{B6} * \mu_{B7})$);

В заключение следует отметить, что разработанные математическая модель и методика моделирования процесса непрерывной сортовой прокатки с использованием неприводных деформирующих устройств, реализованная в виде компьютерной программы, позволяет не только определять параметры устойчивой работы неприводных клетей, установленных в линии стана, но и определять наиболее эффективные места их установки.

Выводы

1. С использованием разработанных математической модели и методики моделирования процесса прокатки с использованием неприводных клетей, выполнен анализ условий реализации этого процесса с учетом ограничивающих его факторов по устойчивости раската продольному изгибу и резерву втягивающих сил трения в очагах деформации приводных клетей.

2. Разработана номограмма для определения деформирующей способности неприводной клетки, используемой в рассматриваемых условиях при решении различных технологических задач – снижении затрат энергии при сохранении вытяжной способности стана и увеличения его вытяжной способности.

3. Отмечено, что разработанная математическая модель и методика анализа условий реализации процесса прокатки с использованием неприводных клетей может использоваться не только для определения параметров прокатки, с учетом границ осуществимости процесса, но, и для выбора наиболее эффективного размещения неприводных клетей в линии стана.

1. *Исследование* и разработка технологии непрерывной прокатки с использованием неприводной рабочей клетки в черновой группе мелкосортно-проволочного стана. Сообщение 1. Аналитические и экспериментальные исследования действующей технологии.
2. *Лохматов А.П., Жучков С.М., Кулаков Л.В.* Снижение энергопотребления при непрерывной сортовой прокатке за счет использования резерва втягивающих сил трения в очагах деформации рабочих клетей // Труды Первого Конгресса прокатчиков. Магнитогорск, 23–27.10.1995г. – М.: АО «Черметинформация». – 1996. – С.190–197.
3. *Лохматов А.П., Жучков С.М., Кулаков Л.В.* Использование резерва втягивающих сил трения в очагах деформации рабочих клетей при непрерывной сортовой прокатке // Сталь. – 1996. – № 5. – С.27–32.
4. *Научные* и технологические основы использования резерва втягивающих сил трения при непрерывной прокатке / А.П.Лохматов, С.М.Жучков, Л.В.Кулаков и др. // Теория и практика металлургии. – 1997. – № 3. – С.17–20.
5. *Перспективы* развития процессов непрерывной прокатки сортовой стали, основанных на использовании резерва втягивающих сил трения в очагах деформации рабочих клетей / С.М.Жучков, А.П.Лохматов, Л.В.Кулаков и др. // Труды Второго Конгресса прокатчиков. Череповец 27–30.10.1997г. – М.: АО«Черметинформация». – 1998. – С.251–260.

6. *Непрерывная* прокатка сортовой стали с использованием неприводных рабочих клетей / А.П.Лохматов, С.М.Жучков, Л.В.Кулаков и др. // – Киев: «Наукова думка», 1998. – 242 с.
7. *Эффективность* энергопотребления при прокатке с использованием неприводных рабочих клетей / А.П.Лохматов, С.М.Жучков, Л.В.Кулаков и др. // Производство проката. – 1998.– № 2.– С.39–42.
8. *Целесообразность* применения неприводных деформирующих устройств в условиях мелкосортных станов комбината «Криворожсталь»/ С.М.Жучков, И.М.Любимов, Л.В.Кулаков и др. //Теория и практика металлургии. – 2001.– №2 .– С.51–56.
9. *Эффективность* процесса непрерывной сортовой прокатки с использованием неприводных деформирующих устройств./ С.М.Жучков, Л.В.Кулаков, А.П.Лохматов и др. // Металл и литье Украины.–2004г.–№ 8 – 10. С.50–52.
10. *Рациональное* использование неприводных рабочих клетей при непрерывной сортовой прокатке / С.М.Жучков, А.П.Лохматов, Л.В.Кулаков и др. // Теория и практика металлургии. – 1999.– № 2.– С.17–21.
11. *Веденятин Г.В.* Общая методика экспериментального исследования и обработка опытных данных. – М.: Колос, 1967. – 60с.

Статья рекомендована к печати к.т.н., И.Ю.Приходько